



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 伝送フレーム毎に同期シンボルとしてチャープシンボルを含み、伝送帯域幅が  $B$  である OFDM (直交周波数分割多重) 信号を受信する OFDM 受信装置であって、

前記 OFDM 信号を入力し前記帯域幅  $B$  で帯域制限して所定周波数に変換する受信手段と、

前記受信手段の出力を所定サンプリング周波数でデジタル信号に変換するアナログ/デジタル変換手段と、

前記アナログ/デジタル変換手段の出力を直交変換してベースバンドの I 軸信号及び Q 軸信号を生成する直交検波手段と、

前記 I 軸信号及び Q 軸信号をそれぞれ任意のサンプリング周波数にダウンサンプリングすることで任意の帯域幅となるようにフィルタリングするフィルタ手段と、

このフィルタ手段の出力を OFDM 復調して帯域幅  $B$  のデータを復調する OFDM 復調手段と、

前記フィルタ手段の出力の振幅を判定することによりフレーム同期を検出する第 1 の同期検出手段と、

前記第 1 の同期検出手段の出力を同期判定する第 1 の同期判定手段と、

前記 OFDM 信号に含まれるチャープシンボルを発生するチャープシンボル発生手段と、

前記フィルタ手段の出力と前記チャープシンボル発生手段の出力との相関を検出することによりフレーム同期を検出する第 2 の同期検出手段と、

この第 2 の同期検出手段の出力を同期判定する第 2 の同期判定手段と、

前記第 1 及び第 2 の同期検出手段の出力に基づいて受信処理に必要なタイミング信号を発生するタイミング発生手段と、

前記第 1 及び第 2 の同期判定手段の出力に応じて前記フィルタ手段の通過帯域幅を制御する帯域幅制御手段とを具備し、

初期動作状態で前記フィルタ手段の通過帯域幅を  $B$  よりも小さい所定値に設定し、前記第 1 の同期検出手段の出力に基づいて前記タイミング発生手段をリセットし、前記第 1 の同期判定手段の出力が同期状態を示した後に前記フィルタ手段の通過帯域幅を  $B$  に設定し、前記第 2 の同期検出手段の出力に基づいて前記タイミング発生手段をリセットすることでフレーム同期を検出することを特徴とする OFDM 受信装置。

【請求項 2】 伝送フレーム毎に同期シンボルとしてチャープシンボルを含み、伝送帯域幅が  $B$  で、その中心部の所定帯域幅  $B_h$  に独立した情報が割り当てられている OFDM (直交周波数分割多重) 信号を受信する OFDM 受信装置であって、

前記 OFDM 信号を入力し前記帯域幅  $B_h$  で帯域制限して所定周波数に変換する受信手段と、

前記受信手段の出力を所定サンプリング周波数でデジタ

ル信号に変換するアナログ/デジタル変換手段と、

前記アナログ/デジタル手段の出力を直交変換してベースバンドの I 軸信号及び Q 軸信号を生成する直交検波手段と、

前記 I 軸信号及び Q 軸信号をそれぞれ所定のサンプリング周波数にダウンサンプリングすることで帯域幅  $B_h$  となるようにフィルタリングするフィルタ手段と、

このフィルタ手段の出力を OFDM 復調して帯域幅  $B_h$  のデータを復調する OFDM 復調手段と、

前記フィルタ手段の出力の振幅を判定することによりフレーム同期を検出する第 1 の同期検出手段と、

前記第 1 の同期検出手段の出力を同期判定する第 1 の同期判定手段と、

前記 OFDM 信号に含まれるチャープシンボルのうち帯域幅  $B_h$  で帯域制限されたチャープシンボルを発生するチャープシンボル発生手段と、

前記フィルタ手段の出力と前記チャープシンボル発生手段の出力との相関を検出することによりフレーム同期を検出する第 2 の同期検出手段と、

前記第 2 の同期検出手段出力を同期判定する第 2 の同期判定手段と、

前記第 1 及び第 2 の同期検出手段の出力に基づいて受信処理に必要なタイミング信号を発生するタイミング発生手段とを具備し、

前記第 1 の同期検出手段の出力に基づいて前記タイミング発生手段をリセットし、前記第 1 の同期判定手段の出力が同期状態を示した後に前記第 2 の同期検出手段の出力に基づいて前記タイミング発生手段をリセットすることでフレーム同期を検出することを特徴とする OFDM 受信装置。

【請求項 3】 伝送フレーム毎に同期シンボルとしてチャープシンボルを含み、伝送帯域幅が  $B$  で、その中心部の所定帯域幅  $B_h$  に独立した情報が割り当てられ、前記帯域幅  $B_h$  に最大値を  $B_{hmax}$  とする複数のモードが存在する OFDM (直交周波数分割多重) 信号を受信する OFDM 受信装置であって、

前記 OFDM 信号を入力し前記帯域幅  $B_h$  で帯域制限して所定周波数に変換する受信手段と、

前記受信手段の出力を所定サンプリング周波数でデジタル信号に変換するアナログ/デジタル変換手段と、

前記アナログ/デジタル手段の出力を直交変換してベースバンドの I 軸信号及び Q 軸信号を生成する直交検波手段と、

前記 I 軸信号及び Q 軸信号をそれぞれ任意のサンプリング周波数にダウンサンプリングすることで任意の帯域幅となるようにフィルタリングするフィルタ手段と、

このフィルタ手段の出力を OFDM 復調して帯域幅  $B_h$  のデータを復調する OFDM 復調手段と、

前記フィルタ手段の出力の振幅を判定することによりフレーム同期を検出する第 1 の同期検出手段と、

前記第 1 の同期検出手段の出力を同期判定する第 1 の同期判定手段と、

前記 OFDM 信号に含まれるチャープシンボルのうち帯域幅  $B_h$  で帯域制限されたチャープシンボルを発生するチャープシンボル発生手段と、

前記フィルタ手段の出力と前記チャープシンボル発生手段の出力との相関を検出することによりフレーム同期を検出する第 2 の同期検出手段と、

前記第 2 の同期検出手段出力を同期判定する第 2 の同期判定手段と、

前記第 1 及び第 2 の同期検出手段の出力に基づいて受信処理に必要なタイミング信号を発生するタイミング発生手段とを具備し、

前記帯域幅  $B_h$  のモードを示すモード信号が入力され、前記受信手段における通過帯域幅を最大の  $B_{hmax}$  とし、前記モード信号に従って前記フィルタ手段の通過帯域幅及びその出力のサンプリング周波数を設定し、前記モード信号に従って前記第 1 の同期判定手段の同期判定範囲を設定し、前記モード信号に従って前記チャープシンボル発生手段の出力信号を切り替えることでフレーム同期を検出することを特徴とする OFDM 受信装置。

【請求項 4】 伝送フレーム毎に同期シンボルとしてチャープシンボルを含み、伝送帯域幅が  $B$  である OFDM (直交周波数分割多重) 信号を入力して前記帯域幅  $B$  で帯域制限して所定周波数に変換する受信手段と、前記受信手段の出力を所定サンプリング周波数でデジタル信号に変換するアナログ／デジタル変換手段と、前記アナログ／デジタル変換手段の出力を直交変換してベースバンドの I 軸信号及び Q 軸信号を生成する直交検波手段と、

前記 I 軸信号及び Q 軸信号をそれぞれ任意のサンプリング周波数にダウンサンプリングすることで任意の帯域幅となるようにフィルタリングするフィルタ手段と、

このフィルタ手段の出力を OFDM 復調して帯域幅  $B$  のデータを復調する OFDM 復調手段と、

前記フィルタ手段の出力の振幅を判定することによりフレーム同期を検出する第 1 の同期検出手段と、

前記第 1 の同期検出手段の出力を同期判定する第 1 の同期判定手段と、

前記 OFDM 信号に含まれるチャープシンボルを発生するチャープシンボル発生手段と、

前記フィルタ手段の出力と前記チャープシンボル発生手段の出力との相関を検出することによりフレーム同期を検出する第 2 の同期検出手段と、

この第 2 の同期検出手段の出力を同期判定する第 2 の同期判定手段と、

前記第 1 及び第 2 の同期検出手段の出力に基づいて受信処理に必要なタイミング信号を発生するタイミング発生手段と、

前記第 1 及び第 2 の同期判定手段の出力に応じて前記フ

ィルタ手段の通過帯域幅を制御する帯域幅制御手段とを具備する OFDM 受信装置に用いられ、

前記帯域幅制御手段により初期動作状態で前記フィルタ手段の通過帯域幅を  $B$  よりも小さい所定値に設定する第 1 の処理手順と、

前記第 1 の同期検出手段の出力に基づいて前記タイミング発生手段をリセットする第 2 の処理手順と、

前記第 1 の同期判定手段の出力が同期状態を示した後に前記フィルタ手段の通過帯域幅を  $B$  に設定する第 3 の処理手順と、

前記第 2 の同期検出手段の出力に基づいて前記タイミング発生手段をリセットする第 4 の処理手順とを備えることを特徴とする OFDM 受信装置の同期検出方法。

【請求項 5】 伝送フレーム毎に同期シンボルとしてチャープシンボルを含み、伝送帯域幅が  $B$  で、その中心部の所定帯域幅  $B_h$  に独立した情報が割り当てられている OFDM (直交周波数分割多重) 信号を入力して前記帯域幅  $B_h$  で帯域制限して所定周波数に変換する受信手段と、

前記受信手段の出力を所定サンプリング周波数でデジタル信号に変換するアナログ／デジタル変換手段と、

前記アナログ／デジタル手段の出力を直交変換してベースバンドの I 軸信号及び Q 軸信号を生成する直交検波手段と、

前記 I 軸信号及び Q 軸信号をそれぞれ所定のサンプリング周波数にダウンサンプリングすることで帯域幅  $B_h$  となるようにフィルタリングするフィルタ手段と、

このフィルタ手段の出力を OFDM 復調して帯域幅  $B_h$  のデータを復調する OFDM 復調手段と、

前記フィルタ手段の出力の振幅を判定することによりフレーム同期を検出する第 1 の同期検出手段と、

前記第 1 の同期検出手段の出力を同期判定する第 1 の同期判定手段と、

前記 OFDM 信号に含まれるチャープシンボルのうち帯域幅  $B_h$  で帯域制限されたチャープシンボルを発生するチャープシンボル発生手段と、

前記フィルタ手段の出力と前記チャープシンボル発生手段の出力との相関を検出することによりフレーム同期を検出する第 2 の同期検出手段と、

前記第 2 の同期検出手段出力を同期判定する第 2 の同期判定手段と、

前記第 1 及び第 2 の同期検出手段の出力に基づいて受信処理に必要なタイミング信号を発生するタイミング発生手段とを備える OFDM 受信装置に用いられ、

前記第 1 の同期検出手段の出力に基づいて前記タイミング発生手段をリセットする第 1 の処理手順と、

前記第 1 の同期判定手段の出力が同期状態を示した後に前記第 2 の同期検出手段の出力に基づいて前記タイミング発生手段をリセットする第 2 の処理手順とを備えることを特徴とする OFDM 受信装置の同期検出方法。

【請求項6】伝送フレーム毎に同期シンボルとしてチャープシンボルを含み、伝送帯域幅が $B$ で、その中心部の所定帯域幅 $B_h$ に独立した情報が割り当てられ、前記帯域幅 $B_h$ に最大値を $B_{hmax}$ とする複数のモードが存在するOFDM（直交周波数分割多重）信号を入力し前記帯域幅 $B_h$ で帯域制限して所定周波数に変換する受信手段と、

前記受信手段の出力を所定サンプリング周波数でデジタル信号に変換するアナログ／デジタル変換手段と、

前記アナログ／デジタル手段の出力を直交変換してベースバンドのI軸信号及びQ軸信号を生成する直交検波手段と、

前記I軸信号及びQ軸信号をそれぞれ任意のサンプリング周波数にダウンサンプリングすることで任意の帯域幅となるようにフィルタリングするフィルタ手段と、

このフィルタ手段の出力をOFDM復調して帯域幅 $B_h$ のデータを復調するOFDM復調手段と、

前記フィルタ手段の出力の振幅を判定することによりフレーム同期を検出する第1の同期検出手段と、

前記第1の同期検出手段の出力を同期判定する第1の同期判定手段と、

前記OFDM信号に含まれるチャープシンボルのうち帯域幅 $B_h$ で帯域制限されたチャープシンボルを発生するチャープシンボル発生手段と、

前記フィルタ手段の出力と前記チャープシンボル発生手段の出力との相関を検出することによりフレーム同期を検出する第2の同期検出手段と、

前記第2の同期検出手段出力を同期判定する第2の同期判定手段と、

前記第1及び第2の同期検出手段の出力に基づいて受信処理に必要なタイミング信号を発生するタイミング発生手段とを備えるOFDM受信装置に用いられ、

前記帯域幅 $B_h$ のモードを示すモード信号に従って前記受信手段における通過帯域幅を最大の $B_{hmax}$ とする第1の処理手順と、

前記モード信号に従って前記フィルタ手段の通過帯域幅及びその出力のサンプリング周波数を設定する第2の処理手順と、

前記モード信号に従って前記第1の同期判定手段の同期判定範囲を設定する第3の処理手順と、

前記モード信号に従って前記チャープシンボル発生手段の出力信号を切り替える第4の処理手順とを備えることを特徴とするOFDM受信装置の同期検出方法。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、OFDM（直交周波数分割多重）変調方式による伝送信号を受信するOFDM受信装置とその同期検出方法に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】近年、音声信号及び映像信号の伝送にお

いてデジタル変調方式の開発が盛んである。特に、地上デジタル放送においては、マルチパス妨害に強い直交周波数分割多重（以下、OFDM）変調方式が注目されている。以下、本発明に関連する従来の技術について説明する。

【0003】OFDM伝送においては、一般に複数のOFDMシンボルによる伝送フレームが構成され、フレーム毎に受信同期用の基準シンボルが伝送される。図9にOFDMの伝送フレーム構成を示す。

【0004】図9において、フレームの先頭の2シンボル $S_1$ 、 $S_2$ は、受信同期用のヌルシンボル及びチャープシンボルであり、3シンボル以降 $S_3 \sim S_n$ は情報シンボルである。ヌルシンボル $S_1$ は振幅が0のシンボルであり、チャープシンボル $S_2$ は時間方向に周波数をスイープした波形であり、例えばI軸データ及びQ軸データがそれぞれ図10（a）、（b）に示すようにスイープされている。

【0005】上記基準シンボルを用いた同期方式では、チャープシンボル $S_2$ の相関検出をヌルシンボル $S_1$ によって概略のフレーム同期が確立した後に行う。その後、チャープシンボル $S_1$ の概略位置を示すゲート信号の範囲内で相関検出を実行する。これにより相関検出の演算量を減らすことができるようになっている。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】以上、従来のOFDM受信装置における同期方式について説明したが、次に本発明が解決しようとする課題について説明する。従来のOFDM受信装置では、粗いフレーム同期を検出するために、ヌルシンボル検出を行っている。OFDMシンボルはガウス雑音に類似した信号なので、ヌルシンボルを検出する際には、受信信号の振幅を十分に平滑化するために長い期間の平均を求める必要がある。このため、例えば1シンボル期間の平均を求めようとした場合、シンボル長が長いために平均回路の回路規模が大きくなるという問題がある。

【0007】そこで本発明では、ヌルシンボルを用いずに粗いフレーム同期を検出することにより、同期検出回路を簡略化することのできるOFDM受信装置を提供することを目的とする。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明に係るOFDM受信装置は、伝送フレーム毎に同期シンボルとしてチャープシンボルを含み、伝送帯域幅が $B$ であるOFDM（直交周波数分割多重）信号を入力し、帯域幅 $B$ で帯域制限して所定周波数に変換して、所定サンプリング周波数でデジタル信号に変換する。続いて、そのA/D変換出力を直交変換してベースバンドのI軸信号及びQ軸信号を生成し、I及びQ軸信号をそれぞれ任意のサンプリング周波数にダウンサンプリングすることで任意の帯域幅となるようにフィルタリング

し、このフィルタリング出力をOFDM復調して帯域幅Bのデータを復調する。

【0009】ここで、フィルタリング出力の振幅を判定することによりフレーム同期を検出してその検出出力を同期判定する。これにより、フレーム同期を概略検出することができる。さらに、OFDM信号に含まれるチャープシンボルを発生し、フィルタリング出力との相関を検出する。これにより、高精度なフレーム同期を検出し、その検出出力を同期判定することができる。

【0010】ここで、初期動作状態でフィルタリングの通過帯域幅をBよりも小さい所定値に設定し、粗同期検出時にタイミング発生をリセットし、粗同期検出後、フィルタリング通過帯域幅をBに設定し、精同期検出時にタイミング発生を再リセットする。これにより高精度なフレーム同期を検出することが可能となる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図1乃至図8を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

（第1の実施形態）図1は本発明に係るOFDM受信装置の第1の実施形態を示すもので、図示しないチューナによってIF帯に周波数変換されたOFDM信号は、バンドパスフィルタ（BPF）101によって帯域制限された後、ミキサ102で局部発振器103からの局発信号と乗算されて所定周波数に変換される。ミキサ102の出力は、ローパスフィルタ（LPF）104によって帯域外成分が除去された後、アナログ／デジタル（A/D）変換器105によってデジタル信号に変換される。

【0012】ここで、ベースバンドにおけるサンプリング周波数を $f_s$ とすると、例えばミキサ102の出力信号の中心周波数を $f_s$ 、A/D変換器105のサンプリング周波数を $4f_s$ に設定する。

【0013】A/D変換器105の出力は直交検波器106によって直交検波されて、ベースバンドのOFDM信号に変換される。直交検波器106のI軸出力及びQ軸出力はデシメーションフィルタ107及び108にそれぞれ入力されて、サンプリング周波数が $4f_s$ から $f_s$ に変換される。

【0014】また、係数制御回路118からデシメーションフィルタ107、108にフィルタ通過帯域幅を切り替える制御信号が供給される。デシメーションフィルタ107、108を通過するI、Q軸データ出力はいずれも高速フーリエ変換（FFT）回路109に供給されて、FFT処理により各キャリアのI、Q軸シンボルデータが復調される。

【0015】一方、デシメーションフィルタ107、108の出力は振幅検出回路110に供給され、それぞれの振幅値が検出される。この振幅検出回路110の出力は、しきい値判定回路111で所定のしきい値と比較判定される。これにより、チャープシンボルの概略のタイミングが検出される。しきい値判定回路111の出力は

タイミング発生回路113に供給される。

【0016】また、同期判定回路112は、しきい値判定回路111の出力から同期状態を判定するもので、ここで同期状態にあると判定された場合、同期状態を示す同期フラグaが発生され、タイミング発生回路113に供給される。同期判定回路112の出力は係数制御回路118にも供給される。

【0017】上記デシメーションフィルタ107、108の出力は相関回路114にも供給される。相関回路114は、チャープ信号発生回路115から供給される基準信号と受信信号との相関を検出する。このとき、タイミング発生回路113からチャープシンボルの概略位置を示すゲート信号が相関回路114に供給されて、ゲート信号の範囲内で相関を検出する。この相関回路114の相関検出結果は最大値検出回路116に供給される。

【0018】この最大値検出回路116は相関回路114の出力が最大となるタイミングを検出するもので、これによりチャープシンボルのタイミングが検出される。最大値検出回路116の出力はタイミング発生回路113に供給される。また、同期判定回路117は、最大値検出回路116の出力の同期状態を判定するもので、ここで同期状態にあると判定された場合、同期状態を示す同期フラグbがタイミング発生回路113に供給される。同期判定回路112の出力は係数制御回路118にも供給される。

【0019】尚、デシメーションフィルタ107、108の出力はキャリア再生回路119に供給されてキャリア再生に供される。ここで再生されたキャリアは直交検波器106に供給され、受信信号の直交検波に供される。また、クロック再生回路120は、最大検出回路116の出力とタイミング発生回路113から供給されるフレーム同期信号を比較することによりクロック再生を行う。再生されたクロックはA/D変換器105に供給され、アナログ／デジタル変換に供される。

【0020】上記構成によるOFDM受信装置において、以下にその動作を説明する。まず、本発明における粗いフレーム同期の検出方法について、図2を参照して説明する。

【0021】図2（a）、（b）はそれぞれ帯域幅Bのチャープ信号に対して帯域幅B/4のLPFをかけたときのI軸信号及びQ軸信号を示している。また図2

（c）は上記チャープ信号の振幅を示している。図2

（a）～（c）からわかるように、チャープ信号にLPFをかけるとシンボル中心の周波数の低い部分だけが残る。一方、OFDMシンボルはシンボル全体の振幅が1/4になる。したがって、受信信号にLPFをかけた後で振幅をしきい値で判定することにより、概略のフレーム同期を検出することができる。

【0022】図3は第1の実施形態におけるフレーム同期検出の動作を示すもので、初期動作時は、係数制御回

路118によってデシメーションフィルタ107、108の通過帯域幅を狭帯域に設定する(ST11)。このときの帯域幅は、例えば信号帯域幅の $1/4$ とする。そして、振幅検出回路110、しきい値判定回路111によってチャープシンボルの概略タイミングを検出し、タイミング発生回路113をリセットする(ST12)。

【0023】次に、しきい値判定回路111の出力を同期判定回路112により同期判定する(ST13)。ここで、同期判定回路112から出力される同期フラグaが同期状態か否かを判定する(ST14)。同期状態ならば、タイミングを保持してチャープ相関検出に移り、非同期状態ならばタイミング発生回路113をリセットする(ST15)。以上に示すシーケンスで粗いフレーム同期が検出される。

【0024】ステップST14において同期フラグaが同期状態ならば、係数制御回路118によってデシメーションフィルタ107、108の通過帯域幅を広帯域にする(ST16)。すなわち、通過帯域幅を信号帯域幅と等しくする。そして、相関回路114、チャープ信号発生回路115、最大値検出回路116によってチャープシンボルのタイミングを検出し、タイミング発生回路113をリセットする(ST17)。

【0025】次に、最大値検出回路116の出力を同期判定回路117により同期判定する(ST18)。ここで、同期判定回路117から出力される同期フラグbが同期状態か否かを判定する(ST19)。同期状態ならばステップST18に戻ってタイミングを保持し、非同期状態ならば初期動作に戻る。以上に示すシーケンスで、精密なフレーム同期が検出される。

【0026】以上に説明から明らかなように、第1の実施形態の構成によれば、図11に示した従来の装置構成と比較して振幅平均回路が不要となり、同期検出回路を簡略化することができる。

【0027】(第2の実施形態) 図4は本発明に係るOFDM受信装置の第2の実施形態の構成を示すものである。本実施形態では、図5に示すように、伝送帯域内に2階層の信号を多重化する階層伝送方式において、伝送帯域中心の高階層信号のみをフィルタで抜き出して受信する専用のOFDM受信装置の場合について述べる。

【0028】尚、以下の説明では、伝送帯域中心の $1/4$ に高階層信号が多重化されているとする。但し、本発明はこれに限定されるものではない。また、図4において図1と同一部分には同一符号を付して示し、ここではその説明を省略する。

【0029】図4において、図示しないチューナによってIF帯に周波数変換されたOFDM信号は、BPF121によって帯域制限されるが、このBPF121の通過帯域は信号帯域幅の $1/4$ となっている。以後の処理は第1の実施形態と同様である。

【0030】但し、本実施形態では、第1の実施形態と

比較して明らかなように係数制御回路がなく、同期判定回路112、117の判定出力によらず、デシメーションフィルタ123、124の通過帯域幅がもとの信号帯域幅の $1/4$ の帯域幅一定となっている。また、チャープ信号発生回路122は、もとの帯域幅に対して $1/4$ の通過帯域のLPFをかけたときのチャープ信号を発生する。

【0031】上記構成において、以下、図6を参照してフレーム同期検出の動作について説明する。まず、初期動作時は、振幅検出回路110、しきい値判定回路111によってチャープヌルシンボルの概略タイミングを検出し、タイミング発生回路113をリセットする(ST21)。次に、しきい値判定回路111の出力について同期判定回路112により同期判定する(ST22)。ここで同期判定回路112から出力される同期フラグaが同期状態か否かを判定する(ST23)。同期状態ならば、タイミングを保持してチャープ相関検出に移り、非同期状態ならば、タイミング発生回路113をリセットする(ST24)。以上に示すシーケンスで、粗いフレーム同期が検出される。

【0032】ステップST23で同期フラグaが同期状態ならば、相関回路114、チャープ信号発生回路122、最大値検出回路116によってチャープシンボルのタイミングを検出し、タイミング発生回路113をリセットする(ST25)。次に、最大値検出回路116の出力について同期判定回路117により同期判定する(ST26)。ここで同期判定回路117から出力される同期フラグbが同期状態か否かを判定する(ST27)。同期状態ならばタイミングを保持し、非同期状態ならば初期動作に戻る。以上に示すシーケンスで、精密なフレーム同期が検出される。

【0033】以上に説明から明らかなように、第2の実施形態の構成によれば、高階層信号のみを部分受信するためにBPF121で帯域を $1/4$ に制限するようにしているので、チャープシンボルも帯域が $1/4$ に制限されて図2に示した波形となり、振幅判定により粗いフレーム同期検出が可能となる。この場合も、従来例と比較すると振幅の平均回路が不要となり、同期検出回路を簡略化することができる。

【0034】(第3の実施形態) 図7は本発明に係るOFDM受信装置の第3の実施形態の構成を示すものである。本実施形態では、図5に示した階層伝送方式において、高階層の帯域幅に複数のモードが存在する場合に、高階層の帯域幅を示すモード信号に応じて動作を切り替えることのできる専用のOFDM受信装置の場合について述べる。

【0035】尚、以下の説明では、高階層の帯域幅が複数存在する場合に、最大の帯域幅は伝送帯域幅の $1/4$ とする。但し、本発明はこれに限定されるものではない。また、図7において図1及び図5と同一部分には同

一符号を付して示し、ここでも重複する説明は省略する。

【0036】図7において、BPF121の通過帯域幅は信号帯域幅の $1/4$ とし、高階層帯域幅の最大値とする。高階層帯域幅が $1/4$ のときのベースバンドにおけるサンプリング周波数を $f_s$ とすると、A/D変換器105のサンプリング周波数は $4f_s$ に設定する。

【0037】高階層帯域幅のモードを示す信号は、デシメーションフィルタ131、132、FFT回路133、同期判定回路134、チャープ信号発生回路135、タイミング発生回路136に供給される。モード信号に従って、デシメーションフィルタ131、132は通過帯域幅及びデシメーションの動作モードを設定する。これにより高階層の帯域幅に合わせたフィルタリング及びダウンサンプリングが行われる。

【0038】FFT回路133は、モード信号に従ってFFTポイント数を設定する。同期判定回路134は、チャープ信号の帯域幅が変わるとしきい値判定結果のタイミングが変わるので、モード信号に応じて同期判定の範囲を設定する。チャープ信号発生回路135は、モード信号に従って高階層の帯域幅で帯域制限されたチャープ信号を発生する。タイミング発生回路136は、モード信号に応じてタイミング信号発生の動作モードを切り替える。

【0039】図8は第3の実施形態におけるフレーム同期検出の動作を示すフローチャートである。但し、図8において図6と同一ステップには同一符号を付して示し、ここでも重複する説明を省略する。

【0040】図8において、初期動作時には、高階層帯域幅モード信号を入力し(ST31)、高階層の帯域幅に応じて、先に説明したようにデシメーションフィルタ131、132、FFT回路133、同期判定回路134、チャープ信号発生回路135、タイミング発生回路136の動作モードを設定する(ST32)。以降は図6のステップST21~ST27と同様のシーケンスで粗いフレーム同期、精密なフレーム同期を順次検出する。

【0041】以上に説明から明らかなように、第3の実施形態の構成によれば、従来例と比較して同期検出回路を簡略化できると共に、高階層の帯域幅に合わせて受信機の動作モードを設定し、サンプリング周波数を下げて同期検出を行うことができる。

【0042】尚、本発明は、チャープのみで粗同期及び精同期が可能で、ヌルシンボルによる同期検出処理が不要なため、ヌルシンボルのないOFDM方式にも適用可能であることは勿論である。

#### 【0043】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、ヌルシンボルを用いずに粗いフレーム同期を検出することにより、同期検出回路を簡略化することのできるOFDM受信装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係るOFDM受信装置の第1の実施形態の構成を示すブロック図。

【図2】 同実施形態におけるチャープシンボルの検出方法を説明するための波形図。

【図3】 同実施形態のOFDM受信装置の同期検出動作を説明するためのフローチャート。

【図4】 本発明に係るOFDM受信装置の第2の実施形態の構成を示すブロック図。

【図5】 同実施形態が適用される階層化されたOFDM伝送方式を説明するための図。

【図6】 同実施形態のOFDM受信装置の同期検出動作を説明するためのフローチャート。

【図7】 本発明に係るOFDM受信装置の第3の実施形態の構成を示すブロック図。

【図8】 同実施形態のOFDM受信装置の同期検出動作を説明するためのフローチャート。

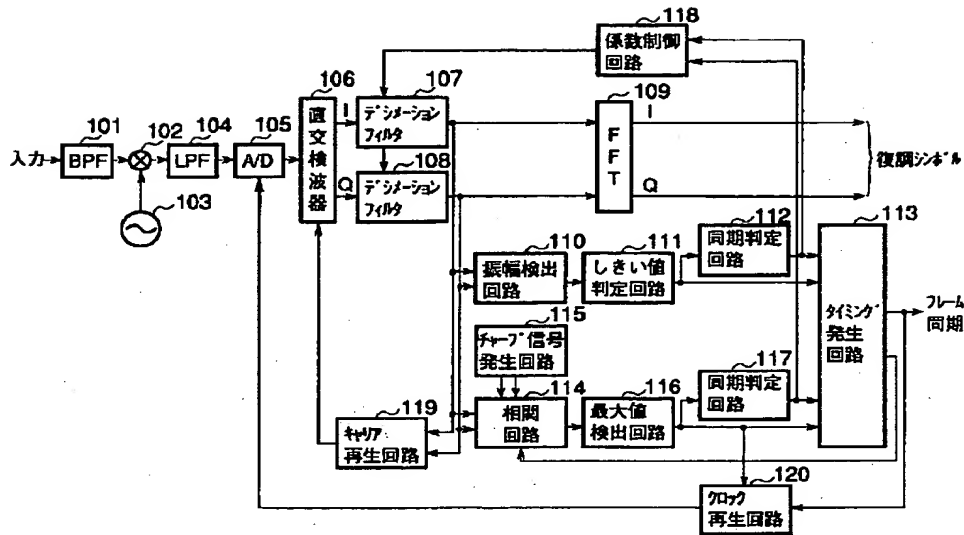
【図9】 OFDMの伝送フレームを示す図。

【図10】 OFDM同期検出に用いられるチャープシンボルの一例を示す波形図。

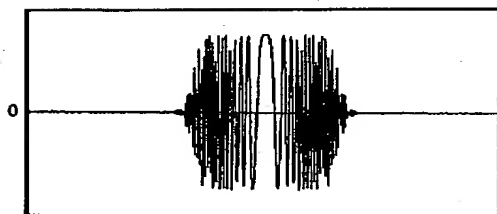
#### 【符号の説明】

- 101、121…バンドパスフィルタ(BPF)
- 102…ミキサ
- 103…局部発振器
- 104…ローパスフィルタ(LPF)
- 105…アナログ/デジタル(A/D)変換器
- 106…直交検波器
- 107、108、123、124、131、132…デシメーションフィルタ
- 109、133…高速フーリエ変換(FFT)回路
- 110…振幅検出回路
- 111…しきい値判定回路
- 112、134…同期判定回路
- 113、136…タイミング発生回路
- 114…相関回路
- 115、122、135…チャープ信号発生回路
- 116…最大値検出回路
- 117…同期判定回路
- 118…係数制御回路
- 119…キャリア再生回路
- 120…クロック再生回路

【図1】

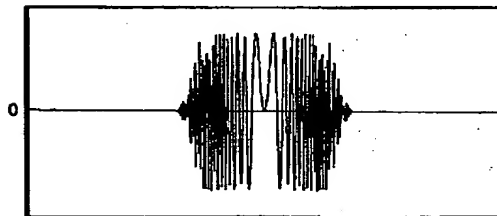


【図2】

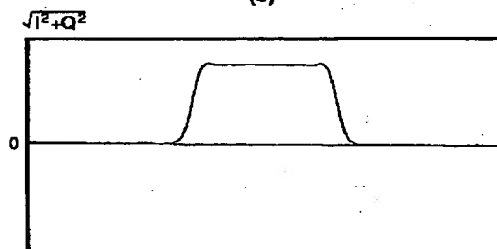


時間  
(a)

Qデータ

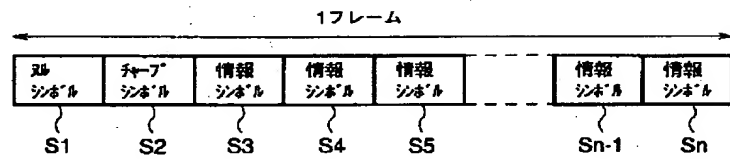


時間  
(b)



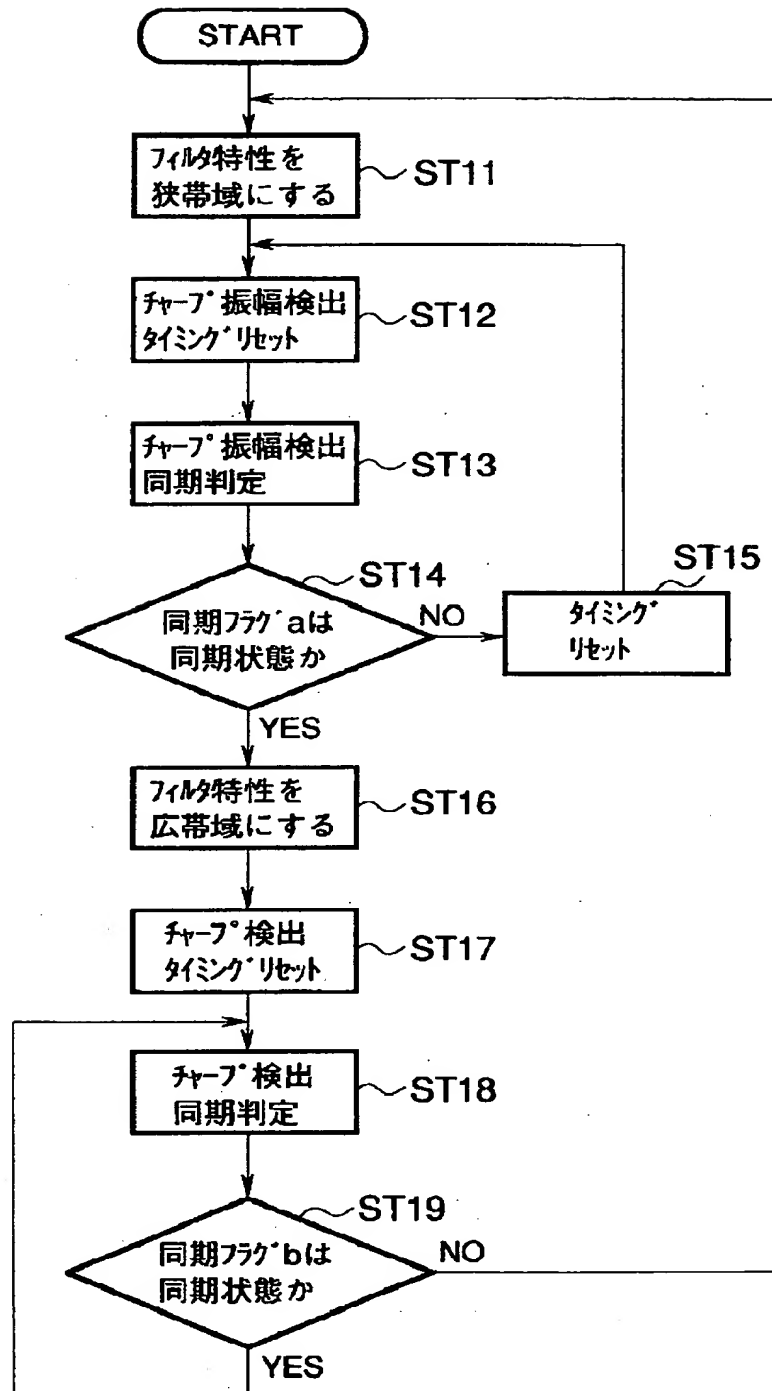
時間  
(c)

【図9】

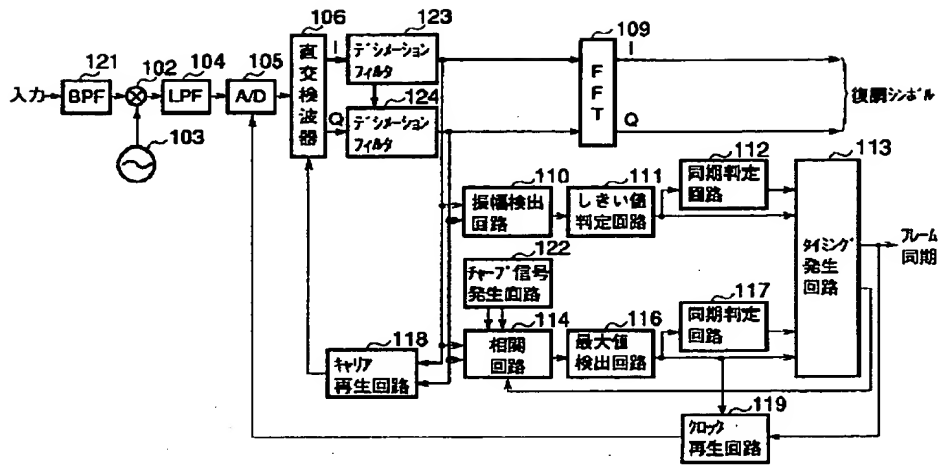




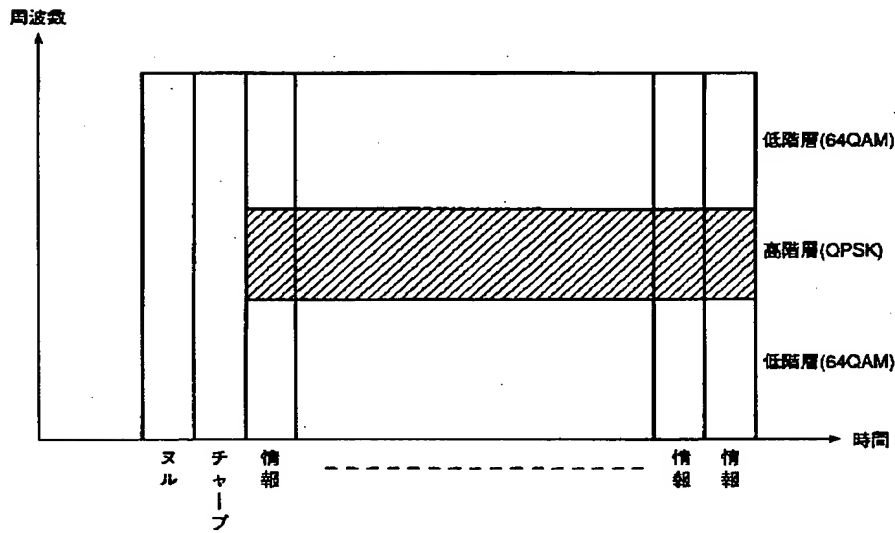
【図3】



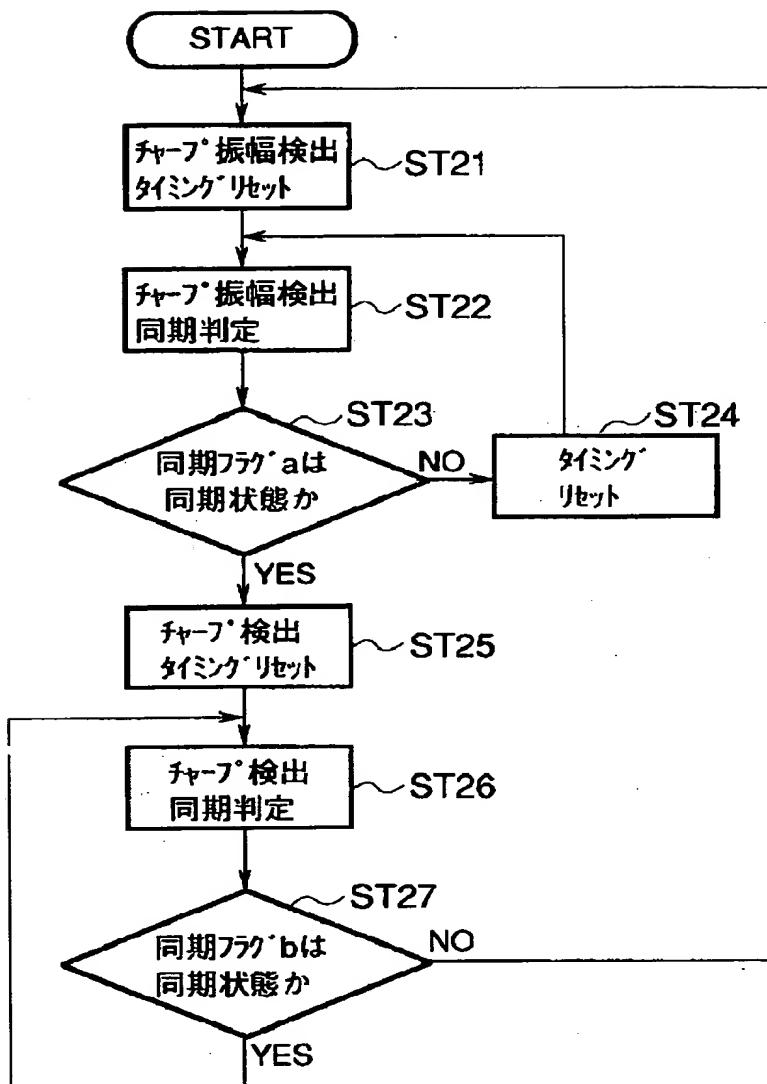
【図4】



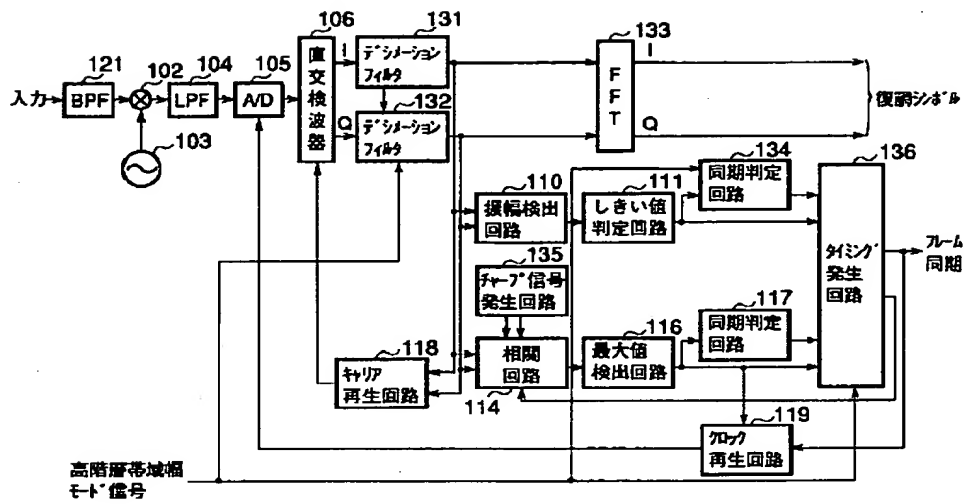
【図5】



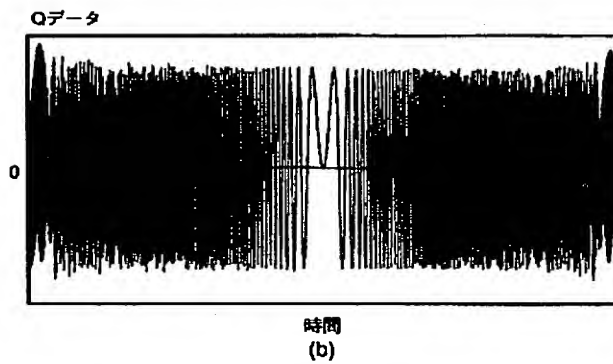
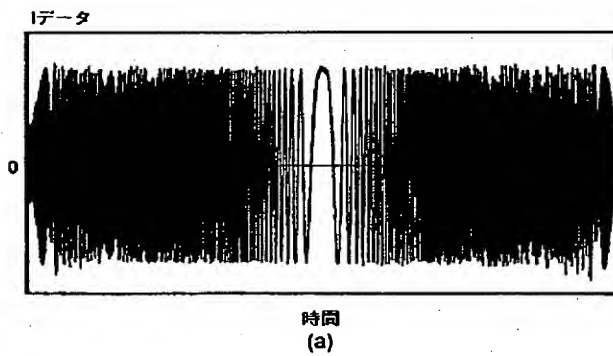
【図6】



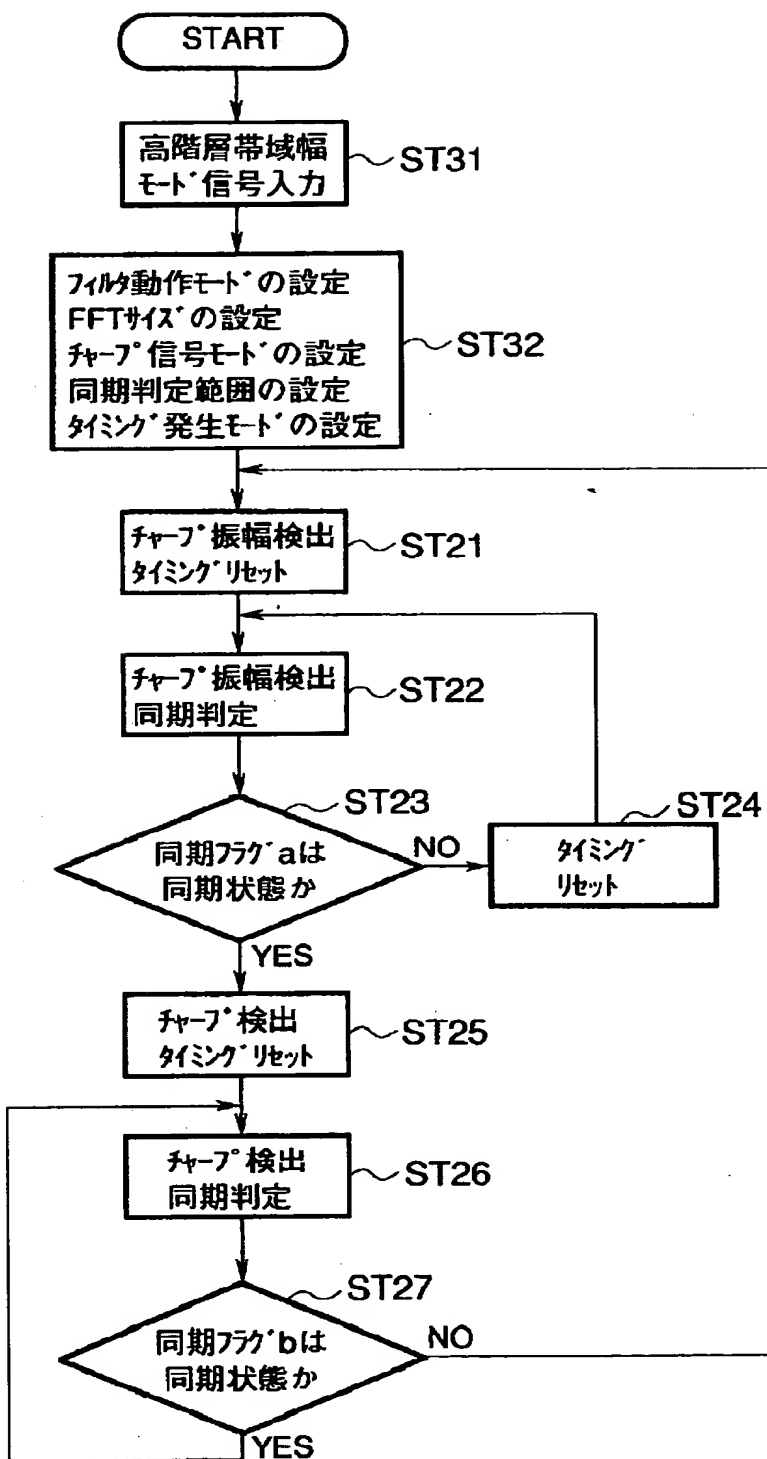
【図 7】



【図 10】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 誠  
東京都港区新橋 3 丁目 3 番 9 号 東芝エ  
ー・ブイ・イー株式会社内

(72)発明者 大橋 裕司  
東京都港区新橋 3 丁目 3 番 9 号 東芝エ  
ー・ブイ・イー株式会社内